1873
-ane Medical Library

Über

Contraction der Muskelfaser.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doctorwürde

in der

Medicin, Chirurgie und Geburtshülfe

vorgelegt

der hohen medicinischen Facultät zu Göttingen

von

Karl Kaufmann

aus Hoheneggelsen bei Hildesheim.

Göttingen.

Druck der Gebrüder Hofer.

1873.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40154009_0312

Seinem hochverehrten Lehrer

Herrn Professor W. Krause

in Dankbarkeit gewidmet.

Zuerst waren es Prévost und Dumas, zwei französische Forscher, die Beobachtungen über die Contraction der Muskelfasern anstellten und sich bemühten, zugleich auch eine physikalische Erklärung der wahrgenommenen Zickzackbeugungen zu liefern. Sie stellten nämlich folgende Theorie der Contraction auf. Die Zickzackbeugungen werden durch die Nerven gebildet, die im Muskel in feine Aeste ausstrahlten, welche einander parallel in gewissen Abständen von einander senkrecht gegen die Faserrichtung über die Bündel hinwegliefen. Sobald nun die Nerven in Erregungszustand geriethen, durchlaufen alle diese queren Fasern in gleichem Sinne ein galvanischer Strom. Diese Ströme zögen sich nach dem Ampère'schen Gesetz gegenseitig an, nährten folglich die parallelen Nervenfasern einander, in Folge dessen der zwischen je zwei derselben gelegene Theil der Muskelfasern sich beugen und im Winkel geknickt werden müsse. Man finde daher regelmässig die Nerven grade über die Spitzen der Winkel der gebogenen Muskelfasern hinweggehen. Da sie indess von falschen Voraussetzungen ausgingen, denn weder ist der quere Verlauf der

Nervenfasern parallel, ferner durchläuft bei der Erregung die Nerven kein galvanischer Strom und die Muskeln beugen sich nicht im Zickzack, sondern strecken sich grade; da also ihre Prämissen ganz falsche waren und erst die fortgesetzte mikroskopische Untersuchung nähern Aufschluss über den feinern Bau der Muskelfaser und ihre Elemente, über Nerven und deren Endigungen, sowie über das Verhältniss beider zu einander gegeben hat, so war es natürlich, dass jene Theorien bald andern das Feld räumen mussten und als vollständig antiquirt zu betrachten sind.

Es ist nun durchaus nicht meine Absicht, eine mehr oder weniger vollständige Darstellung der complicirten Controversen zu geben, welche über die feinere Structur der quergestreiften Muskelfaser schweben. Dies würde nicht nur über meine Kräfte, sondern auch über die meiner Abhandlung unvermeidlich gesteckten Grenzen weit hinausgehen und vor Allem eine grosse Reihe von Abbildungen erforderlich machen, welche die Ansichten der verschiedenen Autoren versinnlichen könnten. Vielmehr beschränke ich mich ausschliesslich auf die Erörterung einiger so zu sagen brennender Fragen über die Contraction der quergestreiften Muskelfaser und kann auch hier nicht Alles, sondern nur einige ausgewählte Meinungen berücksichtigen. Ich muss daher leider in Betreff der mannigfaltigen Darstellungen z. B. von Plosz, Heppner, Merkel, Flögel, Stricker, Schaefer und Sharpey und

vieler Andern einfach auf die betreffenden Jahresberichte verweisen.

Neuerdings nun sind es drei Ansichten von Hensen, W. Krause und Engelmann, die bald nach einander betreffs des Zustandekommens der Contraction der Muskelfaser und ihres Verhaltens während derselben aufgestellt sind und sich den Rang streitig machen.

Bevor ich jedoch näher auf die Erörterung und Darlegung der drei Theorien eingehe, will ich kurz den normalen Bau der nicht contrahirten Muskelfaser besprechen, wie ihn Krause in seinen motorischen Endplatten dargethan hat und mich dann bei Besprechung der Theorien von Hensen und Engelmann, deren Beschreibung des Baues der nicht contrahirten Muskelfaser in vielen Punkten abweichend ist, auf jenes Schema zurückbeziehen.

W. Krause beschreibt die quergestreiften Muskelspindeln als lang gestreckte Zellen, deren Umhüllung ein structurloses Sarkolem bildet, das mithin den Werth einer Zellmembran besitzt. An der Innenfläche dieser Membran sitzen constant Kerne, die er Sarkolemkerne nennt und wohl unterschieden werden müssen von den Muskelkernen, worunter er ausschliesslich die im Innern des Sarkoleminhaltes vorkommenden Kerne versteht. Die contractile Substanz oder der Sarkoleminhalt nach Abzug der Muskelkerne zeigt alternirend hellere und dunklere Querstreifen von messbarer Breite. Während diese Verhältnisse schon bei einer 300—400maligen

Vergrösserung wahrgenommen werden können, so ergaben starke Vergrösserungen noch eine dritte Art von Querstreifen, die als sehr feine dunkle Linien erscheinen. Zum Unterschiede von diesen nennt er jene schon längst bekannten breiteren Streifen Querbänder und unterscheidet dunkle, anisotrope, die von matterem Aussehen und stärker lichtbrechend sind und helle, isotrope, die schwächer lichtbrechend und fast ganz durchsichtig sind. Die Dickenausdehnung der letzteren in der Längsrichtung der Muskelspindel ist im nicht gedehnten Zustande etwas geringer als die der dunkeln Querbänder. Die Querlinien, die ebenfalls auf der Längsrichtung der Muskelspindel senkrecht stehen, halbiren jedes helle Querband.

Nach der Ansicht von Hensen, ergiebt die Contraction der Muskelfaser eine proportionale Verschmälerung aller Theile in der Längsrichtung derselben, wobei die Zwischensubstanz (Krause's isotrope Substanz) dunkel ist; die Querstreifung ist natürlich schmaler geworden durch das Aneinanderrücken der Querscheiben (Krause's anisotroper Substanz); dagegen sind die Querdurchmesser sowohl der hellen als dunklen Substanz wesentlich vermehrt und der Sarkolemschlauch erscheint während der Contraction im Profil vollständig frei von Einkerbungen, vielmehr glatt und als eine grade Linie; bei feinen Stückchen bluthaltiger Muskeln dagegen sah Hensen auf starken Vergrösserungen, während ihre Erregbarkeit dem Erlöschen nahe war,

langsam eintretende Contractionen, die in Form einer bauchigen Erweiterung langsam die Muskelfaser entlang verliefen und an einem Ende angelangt, am andern aufs Neue begannen.

Dabei beugen sich die Scheiben der anisotropen Substanz, welche grade erregt werden, convex nach der Stelle hin, die contrahirt ist; zugleich ist die Zwischensubstanz (isotrope nach Krause), die im gedehnten Zustande concav eingezogen ist, im Stadium der Contraction vorgewölbt, was auf folgende Weise zu Stande kommen soll. An den sich contrahirenden Fasern wird dadurch, dass die Scheiben anisotroper Substanz nach der contrahirten Seite hin convex werden, eine Einziehung des Sarkolems an den Stellen bedingt, welche jene Scheiben seitlich begrenzen; dadurch baucht sich aber die helle isotrope Substanz hervor und der Rand des Sarkolems erscheint gekerbt. Dies erlaubt also die Annahme von fester Beschaffenheit der anisotropen Substanz und Adhärenz derselben am Sarkolem. Hensen hat diesem Zustande den Namen passive Bewegung vor der Contraction beigelegt, während es Krause als Beginn der Contraction bezeichnet und das Zustandekommen dadurch erklärt, dass das Sarkolem vermöge seiner geringen Dehnbarkeit den relativ schnellen Verkürzungen des Sarkoleminhalts nicht folgen kann.

Krause nun, der demnächst über Muskelcontraction schrieb, sagt, dass während der Contraction die Breite

der Muskelkästchen zunimmt, während ihre Dicke im Längsdurchmesser abnimmt; dass die Muskelprismen an Dicke im Querdurchmesser gewinnen, nicht aber an Länge verlieren. Dies Zustandekommen erklärt er dadurch, dass während der Contraction die Muskelstäbchen (Disdiaklasten) der Muskelprismen aus einander weichen und so die Flüssigkeit der isotropen Substanz zwischen sich aufnehmen, die durch zwei aus Muskelstäbchen formirte Scheiben, die sich gegenseitig anziehen, ausgepresst wird. Im Uebrigen nimmt Krause die bauchige Erweiterung, die, grade wie bei Hensen an einem Ende angekommen, am andern Ende sofort aufs Neue beginnt und denselben Verlauf wie die vorige nimmt, ohne dass ein besonderer Grund dafür nachweisbar wäre, auch an; doch nur bei langsam sich contrahirenden Fasern. Ebenso sah er diejenigen Scheiben anisotroper Substanz, welche in den erregten Zustand übergingen, sich convex nach der Stelle hin beugen, die contrahirt war und gerade diese contrahirten Stellen sind es, wo die Querstreifung beträchtlich dichter geworden ist, so zwar, dass die isotrope Substanz im Längsdurchmesser der Faser an Dicke abgenommen hat, während beide, sowohl helle als dunkle im queren Durchmesser in gleicher Weise zugenommen haben. Ferner war das Sarkolem an den sich contrahirenden Stellen mit Querrunzeln versehen, die sich im Profil als Einkerbungen kundgeben, zwischen denen sich der Muskelinhalt hervorbaucht.

Dies hört jedoch auf, sobald die Contraction eine vollständige ist. Hieraus folgert auch er, wie schon oben einmal kurz angedeutet wurde, dass die Querlinien (Grundmembranen) der isotropen Substanz fest mit dem Sarkolem verwachsen sind, während er die convexen Biegungen der sich contrahirenden Stellen nach der contrahirten Seite hin daraus erklärt, dass in den absterbenden Muskelfasern die der Axe der Faser näher gelegenen Elemente länger leistungsfähig bleiben, als die der Peripherie zunächst liegenden. Demnach würde dies eine Leichenerscheinung sein und in sich contrahirenden Muskelfasern nicht statthaben, so lange sie dem Absterben nicht anheimfielen.

Während dann Krause früher annahm, dass die Muskelkästchenflüssigkeit während der Contraction in den von der Aussenseite der Muskelprismen und der Innenfläche des Sarkolems gebildeten Raum träte, so ist er jetzt der Ansicht, dass die Flüssigkeit der isotropen Substanz zwischen die Muskelstäbchen eindringe, die ein Muskelprisma zusammensetzen und während der Contraction ihre Form in keiner Weise ändern.

Sehr abweichend von der Ansicht Krause's und in vielen Punkten different von derselben ist die Theorie Engelmann's über das Verhalten der Muskelfaser resp. ihrer Bestandtheile während der Contraction. Er leugnet die Behauptung Krause's, wonach die anisotrope Substanz in der Längsrichtung der Faser nicht abnahm und führt als Gegenbeweis dafür an, dass

die Verkürzung eines Faches im frischen Zustande in maximo 80—90 % betrage, dass er ferner Fasern des Fliegendarmes auf dem Gipfel der Welle auf etwa $^1/_5$ reducirt gesehen habe. Den Sitz der verkürzenden Kräfte verlegt er ausschliesslich in die doppeltbrechende anisotrope Substanz. Dabei ist nach ihm die Faser bei mässiger Verkürzung bis zu 60 % glatt; überschreitet dieselbe indess eine bestimmte Norm oder auch bei absterbenden Fasern, so zeigt das Sarkolem Einkerbungen auf dem optischen Längsschnitt. Er lässt wie auch Krause diese Einziehungen durch die Anheftung der Querlinien (Grundmembranen) zu Stande kommen; daraus resultirt also nach seiner Annahme, dass die anisotrope Substanz sich stärker verdicke als die isotrope. Dass auch isotrope Substanz bei der Contraction irgend welche Funktionen habe, leugnet er und stellt es deshalb mit ziemlicher Bestimmtheit in Abrede, da sich der Contractionsvorgang vollständig anderweitig erklären lasse. Der Grundmembran schreibt er eine gewisse Elasticität zu, die der Verkürzung im Allgemeinen entgegenwirke.

Aus dem Umstande, dass das Gesammtvolumen eines Muskels, der künstlich, auf fast allen Querschnitten gleichzeitig, in fortwährender Contraction erhalten wird, nur äusserst wenig abnimmt, zieht er den nothwendigen Schluss, dass auch das Volumen eines einzelnen Faches bei der Verkürzung nur äusserst wenig, für mikroskopische Wahrnehmung nicht merk-

bar kleiner werde. Dagegen nimmt das Volumen der isotropen Substanz ab, das der anisotropen während der Contraction zu, während dieselbe Faser, nicht verkürzt, gleich hohe einfach- und doppeltbrechende Schichten zeigte, und zwar ist das Verhältniss ein constantes, so dass, da die Faser an Gesammtvolumen nicht einbüsst, die anisotrope Substanz so viel an Volumen zunehmen muss, als die isotrope verliert. Engelmann sieht hierfür die Erklärung sehr nahe liegend; er nimmt an, dass während der Contraction Flüssigkeit aus der isotropen Substanz gepresst wird, nicht jedoch so etwa, wie Krause annimmt, dass diese Flüssigkeit zwischen die Muskelstäbchen der Muskelprismen tritt, vielmehr führt er die ganze Erscheinung auf einen Quellungsprocess der feinsten Elemente der anisotropen, resp. Schrumpfungsvorgang in der isotropen Substanz zurück. Nach Aufhören der Contraction treten natürlich die frühern Verhältnisse wieder ein. Eine Hauptcontroverse besteht zwischen Engelmann und Krause betreffs der Veränderungen der optischen Eigenschaften der Muskelfaserelemente während der Contraction. Engelmann nämlich behauptet, dass constant während derselben die isotrope Substanz dunkler, die anisotrope aber mit Ausnahme der Mittelscheibe heller, durchsichtiger werde und zwar wäre dies um so deutlicher, je mehr und je stärker die Contraction eintrete. In einem gewissen Stadium (bei einer Verkürzung von etwa 50 %) pflege die mittlere Helligkeit

beider gleich zu sein, so dass der Muskelfaserinhalt homogen erscheine; bei noch stärkerer Verkürzung sei sogar die isotrope Substanz absolut dunkler als die anisotrope. Engelmann unterscheidet hiernach drei Stadien, das Anfangs-, das Uebergangs- und das Umkehrungsstadium; er erklärt das Hellerwerden der anisotropen Substanz daraus, dass ihre Elemente durch Zutritt von Flüssigkeit quellen und andererseits das Dunklerwerden der isotropen durch Ausscheidung resp. Gerinnung eines festen Körpers. Grade auf diesen Punkt legt er ganz besonderes Gewicht; denn eine blosse Schrumpfung durch Wasserverlust hält er nicht hinreichend zur Erklärung, da künstliche Wasserentziehungen durch Alkohol, Glycerin, neutrale Salzlösungen die Verdunkelung entweder gar nicht, oder doch nicht in ausgesprochener Weise herbeiführen. Schliesslich wird nach Engelmann die isotrope Schicht während der Contraction fester, die anisotrope mit Ausnahme der Mittelscheibe weicher.

Aus der Quellung der einzelnen Elemente der anisotropen Substanz zieht Engelmann die Erklärungen und Beweise für seine Annahme und Schilderungen, wesshalb diesem Punkte noch eine kurze Erörterung gewidmet werden mag, zumal auch hierauf grade die grossen Verschiedenheiten zwischen den Ansichten Krause's und Engelmann's beruhen. Letzterer geht zunächst von der Vorstellung aus, dass die anisotropen Querscheiben aus lauter langcylindrischen oder prisma-

tischen, der Faseraxe parallel gelagerten Elementen oder Molecülen bestehe, die durch, im Verhältniss zur Dicke der Molecüle, sehr schmale Flüssigkeitslagen von einander getrennt sind, dass ferner diese Molecüle im thätigen Zustande vorübergehend durch Quellung sich der Kugelgestalt zu nähern strebe. Hierdurch erklärt er alle Formveränderungen; das Weicherwerden und die Steigerung der Durchsichtigkeit der anisotropen Querscheiben, die, wenn auch nur äusserst geringe Gesammtvolumabnahme des Muskels bei der Verkürzung zugleich mit Zunahme seiner Dichtigkeit und die hiermit nothwendigerweise verbundene Wärmeentwickelung, ja selbst die bedeutende Grösse der mechanischen Arbeitsleistungen.

Eine nochmalige kurze Zusammenstellung der Hauptthatsachen aus den eben in möglichst grosser Kürze angegebenen Ansichten der drei Beobachter ergiebt Folgendes:

Verkürzung im Längsdurchmesser mit proportionaler Breitenzunahme sowohl der anisotropen wie isotropen Substanz — Hensen.

Verkürzung im Längsdurchmesser mit Abnahme der Höhe der isotropen und Gleichbleiben der anisotropen Substanz, sowie gleichzeitiger Breitenzunahme und Eintritt der Muskelkästchen-Flüssigkeit zwischen die Muskelstäbchen. — Krause.

...mit Eintritt des Plasmas in die Längscylinder. — Engelmann.

Nachdem ich nun also kurz die drei zur Zeit herrschenden Ansichten geschildert und in wenigen Worten wiedergegeben habe, lasse ich in dem nun folgenden Theile einige Beobachtungen folgen, die ich selbst über Contraction der Muskelfaser im Laufe dieses Sommers angestellt habe, und theile die gewonnenen Resultate mit. Zugleich nehme ich hier Gelegenheit, Herrn Professor W. Krause, der die Güte hatte, mich bei meinen Untersuchungen durch Rath und That zu unterstützen, meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Bei dem verhältnissmässig ungünstigen Wetter des diesjährigen Vorsommers standen mir ausser Fliegen nur ziemlich wenig Käfer zur Disposition; ich habe meine Untersuchungen angestellt an Carabus nemoralis, Amara apricaria und Pygaera bucephala, weil bei ihnen die wesentlichen Structurverhältnisse wegen grösserer Breite der Querstreifen leichter zu erkennen sind. Von Amara apricaria standen mir ziemlich viel Exemplare zu Gebote, während von den beiden andern nur an je zwei Thieren Untersuchungen angestellt werden konnten; ausserdem kamen noch sehr viel Fliegen und Schaben zur Beobachtung. Die gefangenen Thiere wurden sofort in toto lebend in Alkohol gethan, wie Engelmann auch bei kleinen Arthropoden und bei grossen nach vorheriger Längsspaltung des Körpers gethan hat, während Hensen vor allen die Ueberosmiumsäure in 0,1 % Lösung rühmt und em-

pfiehlt. Engelmann hält eine solche Lösung für zu schwach und macht darauf aufmerksam, dass die so behandelten Fasern nicht schnell genug erstarren, aufquellen und erblassen; hingegen hält er eine $^1/_2$—2% Lösung der genannten Säure für sehr gut, räth aber, die blossgelegten lebenden Faserbündel nur auf einige Secunden in eine solche Lösung einzutauchen.

Die von mir in Alkohol getödteten Thiere wurden in destillirtem Wasser secirt; dann Muskelfaserbündel in Hämatoxylin gebracht, das je nach seiner Concentration eine mehr hell- oder dunkelblaue Farbe hervorrief; hierin blieben sie etwa 10—15 Minuten liegen, wurden dann nach ihrer Herausnahme in destillirtem Wasser abgeschwenkt, auf etwa 5 Minuten in Alkohol gethan, wieder abgeschwenkt, um dann auf etwa 8—10 Minuten in Nelkenöl getaucht zu werden. Dann wurden die Faserbündel mit einer kalten Nadel zerfasert und in Canadabalsam eingebettet zum Zweck der Durchsichtigmachung des Präparats. Die Untersuchungen wurden bei durchfallendem Lichte gemacht und eine 800malige Vergrösserung angewandt. Da ihre Darstellung am bequemsten ist, so wurden meist Muskelfasern vom Oberschenkel der betreffenden Thiere untersucht, jedoch auch die Circulärmuskeln am Rectum besonders der grösseren Thiere, die sich auch sehr schön zur Beobachtung eignen. Diese letztern sowohl als die vom Saugmagen der Fliegen rühmt Engelmann besonders und empfiehlt sie vor allen zur Beobachtung

von spontanen, periodisch die Faser durchlaufenden Contractionswellen, die in weiter oben geschilderter Weise verlaufen.

Das Resultat, das ich an Fasern, die ich in den verschiedenen Stadien ihrer Thätigkeit durch Alkohol fixirt hatte, gewonnen habe, ist nun folgendes: Die contrahirte Faser verliert an Längsdurchmesser und gewinnt dabei an Querdurchmesser; dabei verliert während der Contraction nur die isotrope Substanz in der Längsrichtung der Muskelfaser, während die anisotrope in derselben Richtung nicht verliert oder nur in so geringem Grade, dass die Differenz für jetzige Messapparate nicht zu bestimmen ist. Um dies zu beweisen, habe ich eine Faser von Carabus nemoralis isolirt abzeichnen lassen, die in oben angegebener Weise behandelt und bei 800maliger Vergrösserung entworfen ist. Die Faser zeigt sowohl das Stadium der Ruhe, als das des Uebergangs vom ruhenden zum thätigen Zustande und endlich auch das der Contraction in der Längsrichtung. An dem Ende, das dem Zustande der Ruhe entspricht, zeichnet sich besonders die anisotrope Substanz durch die Tiefe ihrer blauen Färbung aus; dabei ist die isotrope Substanz in der Längsrichtung der Faser breiter als die anisotrope; dann kommt in der Mitte das Stadium des Uebergangs; hier ist die Färbung der Faser etwas verwischt und verschwommen und die Faser nimmt im Breitendurchmesser allmählich zu, was dann an dem Ende,

das contrahirt erscheint, den höchsten Grad erreicht; hier ist es ferner, wo die isotropen Querbänder evident in der Längsrichtung der Faser schmaler geworden sind im Vergleich zu denen des ruhenden Endes, während die anisotropen Querbänder in dieser Richtung nicht abgenommen haben, sondern nur etwas weniger intensiv gefärbt erscheinen. Dabei ist der Querdurchmesser der Faser beträchtlich vermehrt, dass aber die Faser an diesem verdickten Ende wirklich contrahirt ist, dafür ist der Umstand Beweis genug, dass die anisotropen Querbänder und denen folgend natürlich auch die isotropen auf dem Querschnitt der Faser nicht als grade, sondern als gebogene Streifen erscheinen, die mit der Convexität nach dem contrahirten Ende gerichtet sind, wofür ja Krause eine Erklärung dadurch gegeben hat, dass die der Axe näher gelegenen Partien länger leistungsfähig bleiben als die der Peripherie angehörigen. Was dann ferner die Einkerbung des Sarkolems anlangt, so habe ich diese nicht beobachten können an contrahirten Fasern; vielmehr erschien das Sarkolem immer als annähernd, d. h. nicht genau mathematische grade Linie. Dass eine solche Einkerbung während der Contraction bestehe, war schon von Krause widerlegt, der nachwies, dass sie nur im ersten Beginn der Contraction vorkommt.

Zum Schluss reihe ich noch eine Beobachtung von Herrn Professor W. Krause an, die derselbe die

Güte hatte, mir zur Mittheilung und Beschreibung zu überlassen. Seit noch nicht langer Zeit und erst durch Zuhülfenahme des Mikroskops ist bekannt, dass die Muskeln unter bestimmten Umständen von einer gewissen Degeneration ergriffen werden, die man wegen einer gewissen Aehnlichkeit im Aussehen mit Wachs, das durchscheinend ist, die wachsartige Muskeldegeneration benannt hat. Sie besteht darin, dass einzelne kürzere oder längere Strecken von Muskelspindeln ihre Querstreifung verlieren, homogen werden oder ein körniges Aussehen bekommen. In neuerer Zeit hat sie die Aufmerksamkeit vieler Forscher auf sich gezogen und die verschiedensten Beobachter haben sich damit beschäftigt, so besonders Zenker, W. Krause, Weber, Waldeyer, Neumann und Hoffmann, welche alle, annähernd übereinstimmend, die Veränderungen geschildert haben.

Der Uebersichtlichkeit wegen schicke ich die dreierlei Veränderungen der Muskelfaser, die bis jetzt unter dem Namen zusammengefasst sind, nach der Beschreibung W. Krause's in seinen motorischen Endplatten voraus, um dann jene neueste Beobachtung am Schluss anzureihen.

Krause unterscheidet erstens jenen Zustand, wo durchgeschnittene Enden lebender Muskelspindeln, oder durch Zerrung oder durch Präpariren behufs mikroskopischer Untersuchung gequetschte Stellen der Spindeln, falls sie noch nicht todtenstarr sind, ihre Querstreifung

eingebüsst haben. Als characteristisch für diesen Zustand führt er an, dass eine Querstreifung durch kein Mittel wieder herbeigeführt werden kann, weder durch Natronlauge, noch verdünnte Essigsäure, so dass auch die Querlinien, die Membranen repräsentiren, zu Grunde gegangen sein müssen. Ebenso soll nach den neuesten Untersuchungen die frische Trichineneinwanderung die sogenannte wachsartige Muskeldegeneration hervorrufen. Hand in Hand mit der Zerstörung der Membranen geht die Verschmelzung der geronnenen isotropen Substanz mit der anisotropen zu einer homogenen Masse.

Eine ähnliche Veränderung der Muskelspindeln pflegt ferner aufzutreten, wenn sie im lebenden Zustande mit Eiweisslösung, verdünnter ClNa-Lösung längere Zeit behandelt werden. Jedoch hebt Krause als besondern Unterschied hierbei hervor, dass nach Zusatz von Säuren und Alkalien an denselben Muskelspindeln die Querlinien wieder zum Vorschein kommen, dass hier also keine eigentliche Zerstörung sondern nur ein optischer Effekt vorliegt, der dadurch hervorgebracht wird, dass die betreffenden indifferenten Lösungen denselben Brechungsindex wie die starkbrechenden Partien des Sarkoleminhalts, also wie die anisotrope Substanz und die Querlinien, haben.

Eine dritte Form, die eigentliche wachsartige Degeneration, pflegt häufig im Typhus aufzutreten und ist hier die Ursache der grossen Muskelschwäche der

Kranken, die vorzugsweise die mm. adductores femoris zu ergreifen pflegt. Diese Form der Degeneration beruht nach Krause in dem Auftreten von glänzenden Scheiben, die so lang sind wie die Zwischenräume zwischen zwei Querlinien, resp. den ihnen entsprechenden Grundmembranen. Diese Scheiben sind der optische Ausdruck eines Gerinnungsprocesses, der die Masse so spröde und brüchig macht, dass sie durch Muskelcontractionen im Leben leicht in Unordnung geräth, wobei die Membranen natürlich zerrissen sein müssen. Nach Rindfleisch soll die Wiederherstellung solcher entarteter Muskelspindeln von den präexistirenden Zellen im Innern des Sarkolemschlauchs ausgehen.

Die neueste Beobachtung von Krause ist nun folgende:

Wurden einem lebenden gesunden Thiere Injectionen von Chloroform in einer arteria femoralis gemacht, so treten nach nicht gar langer Zeit die characteristischen Zeichen jener Muskeldegeneration ein, nämlich Starrheit und Schwäche. Untersuchte er dann Muskelspindeln von dem Beine des getödteten Thieres, die erst mit wässeriger Anilingrün-, dann mit ammoniakalischer Carmin-Lösung behandelt waren, dann in Alkohol gelegen hatten und schliesslich mit Nelkenöl und Canadabalsam präparirt waren, so finden sich im Verlauf der ganzen Spindel unregelmässig

vertheilte Stellen, die die charakteristischen Zeichen der wachsartigen Degeneration trugen und, was grade so eigenthümlich ist, grün gefärbt waren, während die andern eine blassrothe Farbe zeigten.